

(2) i-Construction による土工の 3 次元設計の試行

奥村 昂史¹・古川 裕也²・中田 隆³

¹正会員 日本工営株式会社 CIM 推進センター (〒102-8539 東京都千代田区九段北 1 丁目 14 番 6 号)
E-mail:a8097@n-koei.co.jp

²非会員 日本工営株式会社 CIM 推進センター (〒102-8539 東京都千代田区九段北 1 丁目 14 番 6 号)
E-mail:a7700@n-koei.co.jp

³非会員 日本工営株式会社 仙台支店 (〒980-0803 宮城県仙台市青葉区国分町 3-1-11 定善寺通スクエアビル)
E-mail:a3296@n-koei.co.jp

国土交通省では、「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、もって魅力ある建設現場を目指す「i-Construction」の取組を進めている。土工の 3 次元設計とは、土木設計業務において、ICT 活用工事 (ICT 土工) を行うための 3 次元設計データを作成することを指す。著者らは、東北地方整備局能代河川国道事務所発注の切石地区道路詳細設計で、従来設計と並行して土工の 3 次元設計を試行したが、本稿では、土工部の擦り付けや設計道路が隣接している箇所での 3 次元データ作成に当たった課題、土工の 3 次元設計を導入することの有意性などを報告する。

Key Words: i-Construction, three-dimensional Earthwork-design, ICT, intelligent construction

1. はじめに

国土交通省では、i-Construction の取組を進めており、i-Construction 推進に向けたロードマップ (図-1) では、すべての建設生産プロセスで ICT や 3 次元データ等を活用

し、2025 年までに建設現場の生産性 2 割向上を目標として掲げている¹⁾。平成 28 年度、工事では 500 件以上の ICT 土工を実施しているが²⁾、3 次元測量ストックがほとんどないために設計業務での事例報告は現状ではほとんどない。平成 29 年度より、設計分野への展開が予定

項目	年度	～H28	H29	H30	H31	H32	H33～H37	
ICT 土工	ICT 土工	<ul style="list-style-type: none"> ○基準類の改訂(検査等15基準、積算基準)、発注方式の決定(H27年度末) ○発注・施工(ICT土工方式:直轄)⇒59件実施中(H29.3現在) ○人材育成(講習・実習)⇒約36,000人参加 ○効果の確認、基準類・発注方式等の見直し 	<ul style="list-style-type: none"> ○基準類、発注方式等の見直し⇒3次元LVA測量の基準緩和等 ○発注・施工(自治体に拡大) ○人材育成(講習・実習) 	<ul style="list-style-type: none"> ○各年度にPDCAサイクルを適用 ○ICT土工方式の拡大(直轄・自治体) ○ICT活用・休日拡大の効果検証 	<p>新3K(給与が良い、休暇がとれる、希望がもてる)の魅力ある建設現場を実現 Society 5.0を支えるインフラマネジメントシステム構築</p>			
	ICT 積算	<ul style="list-style-type: none"> ○基準類の改訂 ○積算基準策定 ○発注方式の決定 	<ul style="list-style-type: none"> ○発注・施工(ICT積算方式・ICT積算方式:直轄) ○人材育成(講習・実習) ○効果の確認・基準類・発注方式等の見直し 	<ul style="list-style-type: none"> ○各年度にPDCAサイクルを適用 ○ICT活用方式の拡大(直轄・自治体) ○ICT活用・休日拡大の効果検証 				
ICT 活用	HBridge	<ul style="list-style-type: none"> ○構梁上部のICT等適用範囲検討 ○基準類の改訂 ○積算基準策定 ○発注方式の決定 	<ul style="list-style-type: none"> 【トンネル、ダム、維持管理他】 ○ICT技術の適用性検討 ○必要な基準類、発注方式等の改訂 	<ul style="list-style-type: none"> ○各年度にPDCAサイクルを適用 ○ICT活用方式の拡大(直轄・自治体) ○ICT活用・休日拡大の効果検証 				
	施工工程への拡大(トンネル、ダム、維持管理等)		<ul style="list-style-type: none"> 【トンネル、ダム、維持管理他】 ○ICT技術の適用性検討 ○必要な基準類、発注方式等の改訂 	<ul style="list-style-type: none"> ○各年度にPDCAサイクルを適用 ○ICT活用方式の拡大(直轄・自治体) ○ICT活用・休日拡大の効果検証 				
現場施工	コンクリート工	<ul style="list-style-type: none"> ○現場施工効率化に関するガイドライン策定(機械式鉄筋定置(7月公表)、流動性を高めたコンクリート、機械式継手など) 	<ul style="list-style-type: none"> ○生産性向上に関するガイドライン策定(生産性向上に関する設計・施工における効率化の推進) ○フレキシブル活用に向けたガイドライン策定(継手の性能確保方法、継手2+4+2の適用範囲拡大) 	<ul style="list-style-type: none"> ○直轄、自治体における活用拡大 ○PDCAの適用等(各年度) 				
	施工時期の平準化	<ul style="list-style-type: none"> ○2か年国債の更なる活用 ○当初予算における「ゼロ国債」の設定 ○地域単位での発注見通しの統合・公表 	<ul style="list-style-type: none"> ○国債の更なる活用、自治体における取組拡大等により4～6月の工事稼働率を向上 	<ul style="list-style-type: none"> ○直轄、自治体における活用拡大 ○PDCAの適用等(各年度) 				
3Dデータの活用	3Dデータの活用	<ul style="list-style-type: none"> ○3Dデータ活用方針の策定 ○CIMガイドライン整備 	<ul style="list-style-type: none"> ○3Dデータ活用ルールの整備 ○プラットフォーム構築 ○建設生産プロセス全体における3次元モデル構築と適用拡大 	<ul style="list-style-type: none"> ○オープンデータ化 				
	コンソーシアム設置	<ul style="list-style-type: none"> ○i-Construction推進コンソーシアムの設立(1/30) ○KPIの設定 	<ul style="list-style-type: none"> ○コンソーシアム運営(企業委員会、技術開発WG、3Dデータ流通WG、海外標準WG) 	<ul style="list-style-type: none"> ○現場の実態調査等による進捗・効果の確認・検証 ○生産性の向上効果把握するためのKPIの継続的な検討 				

図-1 i-Construction ロードマップ¹⁾



図-2 位置図

されている。国土交通省からは平成 28 年 3 月に、土工の 3 次元設計のデータ交換標準、ガイドラインとして、LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準（案）ver1.0（以下、「データ交換標準」という。）、LandXML1.2 に準じた 3 次元設計データ交換標準の運用ガイドライン（案）（以下、「ガイドライン」という。）、3 次元設計データの作成方法と取り扱いに係るノウハウ集（以下「ノウハウ集」という。）が公表されており、本稿では、これらに基づき、3 次元設計データ作成を行った結果を報告する。

2. 従来設計と土工の 3 次元設計成果の比較

土工の 3 次元設計は、東北地方整備局能代河川国道事務所発注の切石地区道路詳細設計で、従来設計と並行して試行した。路線位置を図-2 に示す。本路線は一般国道 7 号線で、自動車専用道路の区間である。

従来設計と土工の 3 次元設計成果の対比イメージを図-3 に示す。従来設計では、平面図、縦断面図、横断面図を作成するが、土工の 3 次元設計では、3 次元設計データとして、スケルトンモデル、サーフェスモデルを作成する。

スケルトンモデルとは、平面線形、縦断線形から表現される中心線形上に横断面を並べて、属性情報（車道、路肩、法面等）を付加した骨組構造モデルである。作成する横断面図は、従来設計では「管理断面」、

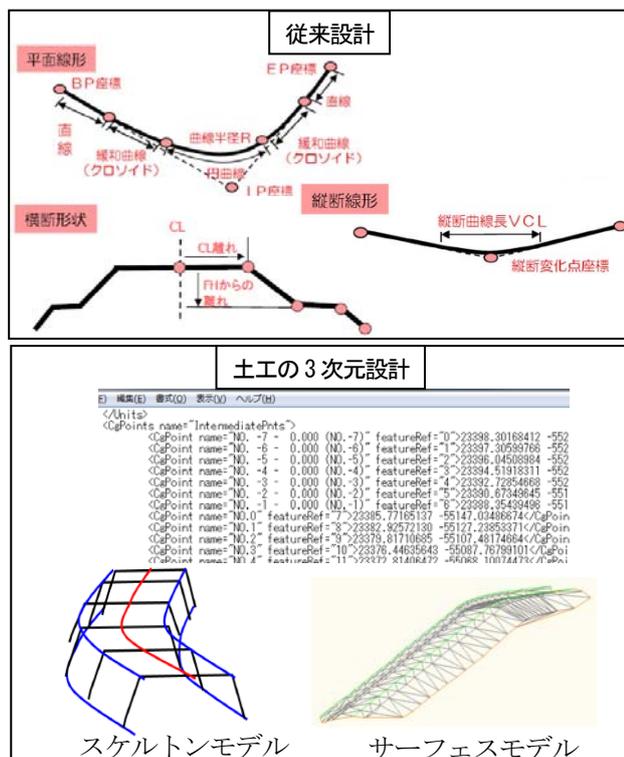


図-3 従来設計と 3 次元土工設計成果の対比

化点」のみであるが、土工の 3 次元設計では「道路の幅員、横断勾配の変化点」、 「法面形状（盛土切土の境界、構造物との接合部）の変化点」も対象となる。また、横断面が不連続となる箇所については、不連続点の前後で 2 つの横断面を作成する必要がある。これは、中心線形上に配置された横断面の同一構成要素を繋ぐ形でスケルトンモデルを作成するために、横断構成の変化点ごとに横断面を配置しなければ、実際の設計モデルと異なる 3 次元モデルが作成されてしまうためである。

サーフェスモデルとは、構造物や地形などの表面形状を TIN (Triangulated Irregular Network) 形式等の面で表現したものがある。本業務では、スケルトンモデルからサーフェスモデルを作成しているが、スケルトンモデルの属性を引き継ぐ形で、サーフェスモデルにも土工面や道路面といった属性情報が付与されている。これらのモデルデータは、ICT 建設機械による施工、出来形管理等に活用可能である。

土工の 3 次元設計では、異なるソフトウェア間でのデータ交換を可能にするために、モデルのデータ形式として特定のソフトウェアに依存しない LandXML 形式を採用している。LandXML 形式とは、設計データを含むテキスト形式のファイルである。フォーマットはデータ交換標準³⁾により定義されている。

3. 土工の 3 次元設計の手順

地形モデルの作成には川田テクノシステムの V-

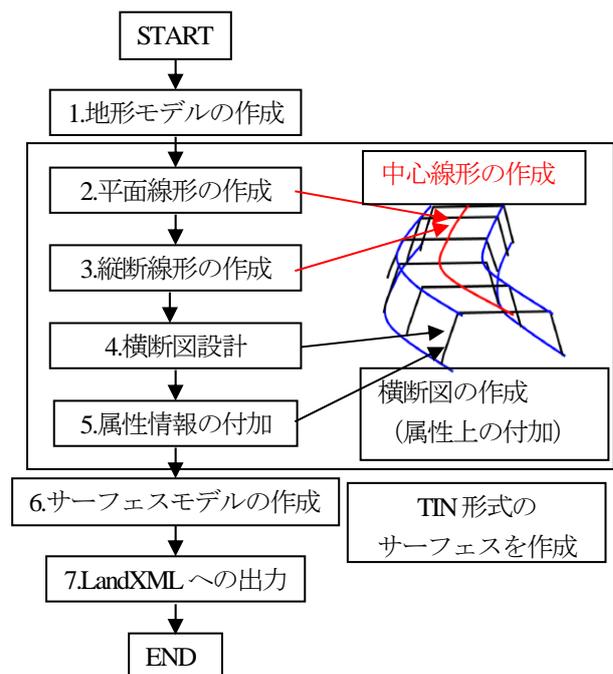


図-4 本報告における 3 次元土工設計データ作成フロー

nasClair を使用し、土工のスケルトンモデルとサーフェスモデルの作成には同社の V-ROAD/M を使用した。土工の 3 次元設計データ作成フローを図-4 に示す。地形モデルは、3 次元測量成果（点群データ）から作成することが望ましいが、今回は、従来設計との比較のために、従来設計と同様の路線測量成果から地形モデルを作成した。なお、今回使用した V-ROAD/M では 3 次元測量成果からでも地形モデルを作成できることを確認している。中心線形の作成では、従来設計と同様に IP 点の座標、曲線半径等のパラメータを入力することによって設計を行う。横断面設計では、従来設計と同様の手順で横断面を作成するが、「道路の幅員、横断勾配の変化点」、「法面形状（盛土切土の境界、構造物との接合部）の変化点」などで横断面の作成対象が追加となる。属性情報の付加は、従来設計にはなく、土工の 3 次元設計にのみ必要な工程である。データ交換標準、ガイドラインに従い、道路部（車道、中央帯等）、土工部（路床、路体、法面、小段等）などの属性情報をモデルに付加する。サーフェスモデルの作成では、道路面、路床面、路体面の面データを対象とするが、これらの面データは、道路面は道路部、法面、小段、路床面は路床、法面、小段、路体面は路体、法面、小段から構成される。

なお、V-ROAD/M では、横断面の作成、属性情報の付加で道路面のデータを入力すれば、路床面、路体面は道路面との位置関係から自動的に計算をし、作成する仕様となっている。

4. 土工の 3 次元設計の課題

本線は道路規格第 1 種第 3 級、設計速度 80km/h、計画交通量 12,732 台/日であり、平面図を図-5 に示す。設計対象道路は、本線単独部、本線とランプの合流部、ランプ部、および橋梁部より構成され、本事例では、本線単独部の延長 400m を対象に土工の 3 次元設計を実施した。土工の 3 次元設計に当たり、以下の課題が挙げられる。

①「共通部分（法面巻き込み部）」：ノウハウ集では、法面が道路中心線に対して直交するモデルを想定している。しかし、法面巻き込み部は、法面が中心線に直交しないため（図-6）、データ交換標準、ガイドライン³⁴⁾

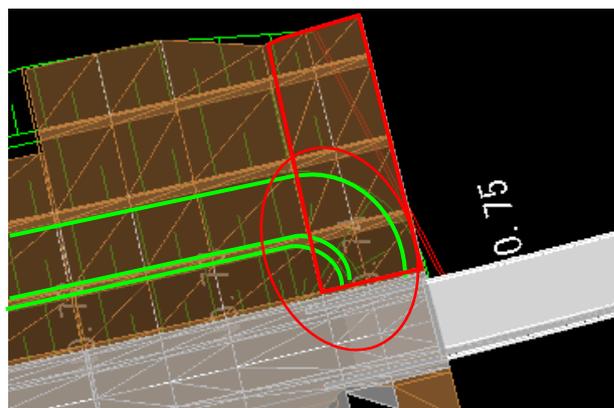


図-6 法面巻き込み部

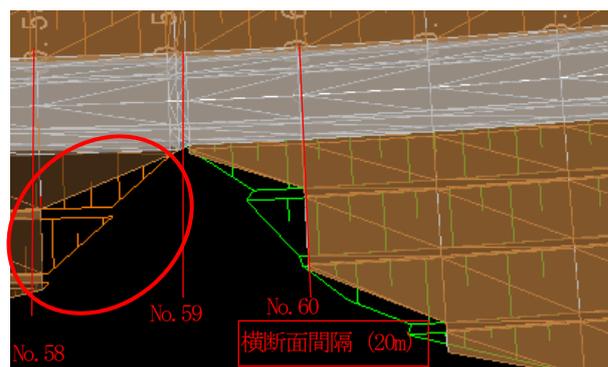


図-7 小段擦り付け部

では法面巻き込み部を適切に表現できなかった。ただし、本設計完了後の平成 29 年 3 月にデータ交換標準、ガイドラインが改訂され、法面巻き込み部（図-6 の赤枠内）はサーフェスを作成しない、または、図-6 のとおり法面巻き込み部も通常の法面サーフェスを作成するように明記された⁹⁾。

②「共通部分（切り盛り境、小段とのすりつけ）」：ガイドラインでは、切り盛り境で横断面を作成することを規定しているが、切り盛り境はソフトで自動判別されないため手動での判別となり、手間がかかる。また、ガイドラインでは、小段の擦り付け箇所での横断面の作成を求めておらず、小段の擦り付け部（図-7 の赤丸）が表現されない問題がある。小段を表現するためには、切り盛り境同様に小段の擦り付け部の横断面を作成する必要がある、ガイドラインの改訂が必要と考える。

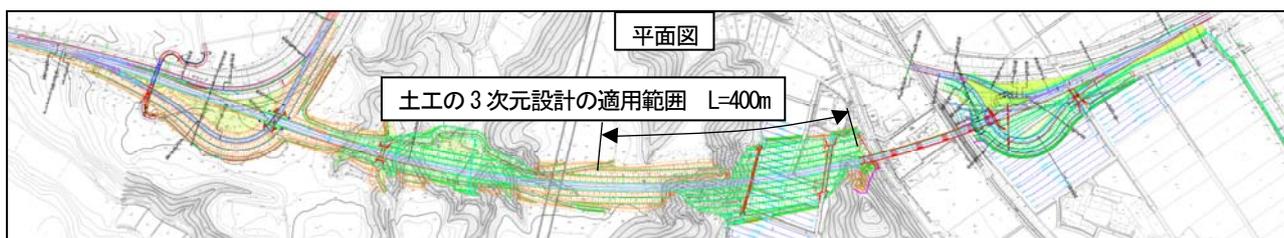


図-5 平面図

③設計道路の隣接部分は、ノウハウ集によれば、各路線で地形に擦り付くように土工面を作成する。しかし、完成形によっては、隣接している路線と共有している土工部を平場にするなどで土工部の勾配が異なり、設計段階で作成した3次元設計データが施工で活用されない場合もある。これらの取扱い方針、留意事項等をガイドラインに明記する必要がある。

一方、標準的な土工部の3次元設計成果は、図-8に示すとおりであり、土工の3次元設計にあたり特に問題点はなかった。なお橋梁部は、土工の3次元設計の対象外となり、データ作成は不要である。

5. 土工の3次元設計のメリット・デメリット

土工の3次元設計を行うことで、設計者は3次元的に完成形状を確認することができる。ミスにいち早く気づき、手戻りを減らせるため、設計業務の効率化が図られる。また、3次元データを打合せ時に利用することで、発注者と設計者との意思疎通が容易になり、意思決定を迅速化できる。さらに、現状では、施工者が2次元設計成果から3次元モデルを作成しているが、土工の3次元設計を導入すれば、施工段階では一部のデータ修正などを行い、ICT建機にデータを入力し施工することができるので、施工プロセスの効率化につながる。一方で、設計者は従来の設計に比べて、横断図の追加や属性情報の入力等の追加作業が発生するため、作業量が増加する。

6. 今後の展望

本報告では、土工の3次元設計における巻き込み部や切り盛り境等の3次元モデル作成上の課題を整理した。巻き込み部に関してはデータ交換標準が改訂されたが、他の課題に関してもデータ交換標準に反映されて、モデル作成上の課題が解決されることを期待する。また、土工の3次元設計では、作業の効率化が期待されるが、一方で、従来設計と比較して作業プロセスの増加もあり、作業プロセスの最適化を図らないと十分な効果を楽しめないと考えられる。さらに、設計する上でのツールの整備もこれからの課題になると考える。

国交省では、i-Constructionの他にCIMの取組を進めている。CIMの取り組みは、土木事業の各分野にわたりCIMモデルを作成し、建設プロセスの効率化を図るものであるが、平成29年3月にCIM導入ガイドラインが発表され、今後、更なる推進が見込まれる。CIM導入ガイドラインの土工編は、i-Constructionの基準類を参考にしたものであるが、今後は、i-Construction、CIMを併

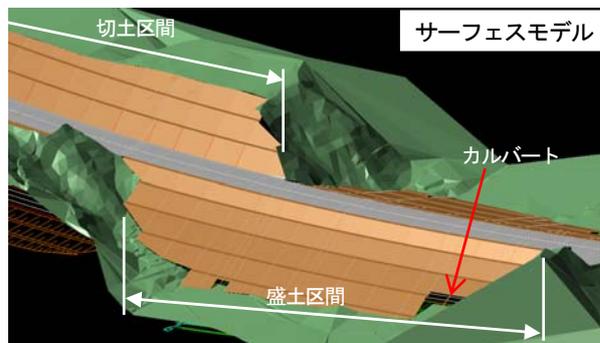
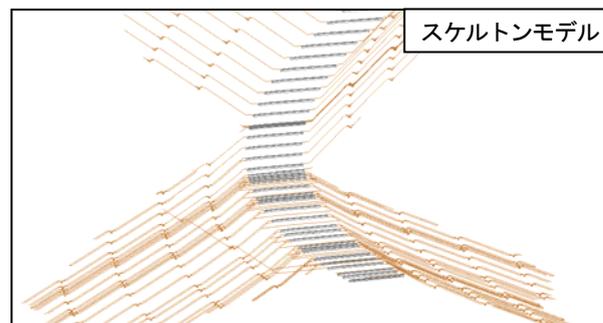


図-8 標準的な土工部のモデル化

せて、現場からの課題を踏まえて要領・基準の見直しを図られ、使いやすい形で整備が進められることを期待する。

謝辞

本報告は、国土交通省東北地方整備局能代河川国道事務所発注の道路詳細設計業務の中で、土工の3次元設計を試行したものです。この試行にご理解いただき実施にご協力いただいた事務所関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：i-Construction 推進に向けたロードマップ、<<http://www.mlit.go.jp/common/001181286.pdf>>、(入手 2017.6.17)。
- 2) 国土交通省：i-Construction の実施状況と基準類の策定等について、<<http://www.mlit.go.jp/common/001178062.pdf>>、(入手 2017.6.17)。
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所：LandXML1.2 に準じた 3次元設計データ交換標準(案) ver1.0, 2016。
- 4) 国土交通省大臣官房技術調査課：LandXML1.2 に準じた 3次元設計データ交換標準の運用ガイドライン(案), 2016。
- 5) 国土交通省大臣官房技術調査課：LandXML1.2 に準じた 3次元設計データの作成方法と取り扱いに係るノウハウ集, 2016。
- 6) 国土交通省大臣官房技術調査課：LandXML1.2 に準じた 3次元設計データ交換標準の運用ガイドライン(案), 2017。
- 7) 国土交通省 CIM 導入委員会：CIM 導入ガイドライン(案), 2017。